

Hollow shaft-securing system to enclosing components - expands shaft hydraulically to form positive joint**Patent Assignee:** EMITEC GES EMISSIONSTECHNOL; EMITEC GES EMISSIO; EMITEC GES

EMISSIONSTECHNOLOGIE MBH; EMITEC GES EMISSIONS TECHNOLOGIE MBH

Inventors: SWARS H**Patent Family**

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
EP 320789	A	19890621	EP 88120499	A	19881208	198925	B
DE 3742480	A	19890629	DE 3742480	A	19871215	198927	
BR 8806589	A	19890822				198939	
DE 3742480	C	19910103				199101	
EP 320789	B1	19920513	EP 88120499	A	19881208	199220	
DE 3871105	G	19920617	DE 3871105	A	19881208	199226	
			EP 88120499	A	19881208		
CA 1325883	C	19940111	CA 584126	A	19881125	199408	
US 5287615	A	19940222	US 88278838	A	19881202	199408	
			US 90532110	A	19900530		
			US 91735170	A	19910723		
			US 938055	A	19930122		
KR 9306043	B1	19930703	KR 8816656	A	19881214	199426	
US 5447385	A	19950905	US 88278838	A	19881202	199541	
			US 90532110	A	19900530		
			US 91735170	A	19910723		
			US 938055	A	19930122		
			US 93153329	A	19931116		

Priority Applications (Number Kind Date): DE 3742480 A (19871215)**Cited Patents:** A3...8943; DE 2922509; DE 3323640; DE 3401057; DE 3616901; EP 230731 ; No search report pub.; DE 2922809**Patent Details**

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
EP 320789	A	G	5		
Designated States (Regional): BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE					
EP 320789	B1	G	5	B21D-053/84	
Designated States (Regional): BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE					
DE 3871105	G			B21D-053/84	Based on patent EP 320789
US 5287615	A		3	B23P-019/04	Cont of application US 88278838

THIS PAGE BLANK (USPTO)

					Cont of application US 90532110
					Cont of application US 91735170
US 5447385	A		6	B23P-019/04	Cont of application US 88278838
					Cont of application US 90532110
					Cont of application US 91735170
					Div ex application US 938055
					Div ex patent US 5287615
CA 1325883	C			B21D-053/84	
KR 9306043	B1			B21D-039/00	

Abstract:

EP 320789 A

The system secures a hollow shaft to components containing axial bores and slid onto it. It is particularly for the construction of built-up cam- and crankshafts etc, the shaft being expanded hydraulically.

The expansion forms a positive joint between the expanded shaft portion and the internal surface coating in the bore. The pressure exerted during this operation can be appreciably greater than the residual stress afterwards.

USE/ADVANTAGE - Securing hollow shaft to components containing axial bores. Simplicity and improved torque transmission.

0/0

EP 320789 B

A method of connecting a hollow shaft to elements which are slid thereon and comprise a through-aperture corresponding to the outer diameter of the hollow shaft, especially a method of producing assembled camshafts, crankshafts or driveshafts by hydraulically expanding the hollow shaft to achieve plastic deformation thereof and to achieve permanent elastic pretension in the surface layer of the through-aperture of the slid-on elements, characterised in that the oxide layers in the through- aperture of the element and on the hollow shaft, which inhibit a material-locking connection, are removed under a reducing atmosphere or in a reducing bath prior to hydraulic pressure being applied to the hollow shaft, so that as a result of the hydraulic expansion of the hollow shaft, a material-locking connection is produced between the material of the surface layer of the through-aperture of the element and the material of the plastically deformed hollow shaft.h

US 5447385 A

The assembly comprises a design element with an aperture and a hollow shaft. The hollow shaft is connected to the design element by sliding the design element onto the hollow shaft and hydraulically expanding the hollow shaft thereby plastically deforming the hollow shaft and causing permanent elastic pretension in a surface layer of the aperture of the design element.

The surface layer has a thickness of several Angstrom units and being connectable with the hollow shaft in a material-locking manner. The design element is formed of a material having a strength greater than a material of which the surface layer is formed.

ADVANTAGE - The application of pressure results in a plastic deformation of such an extent that any oxide layers inhibiting the connection are destroyed in the course of expansion. It is of course assumed that the surfaces to be connected comprise oxide layers of a light thickness only, such as they may occur in a normal atmosphere without any

THIS PAGE BLANK (USPTO)

particularly unfavourable conditions such as humidity or the effect of acid.

Dwg.1/4

Derwent World Patents Index

© 2004 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 7914566

THIS PAGE BLANK (USPTO)

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
11 **DE 37 42 480 A 1**

51 Int. Cl. 4:
B 21 D 39/00
B 21 D 39/06
B 23 P 13/00

21 Aktenzeichen: P 37 42 480.7
22 Anmeldetag: 15. 12. 87
43 Offenlegungstag: 29. 6. 89

DE 37 42 480 A 1

71 Anmelder:

Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH,
5204 Lohmar, DE

74 Vertreter:

Harwardt, G., Dipl.-Ing.; Neumann, E., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 5200 Siegburg

72 Erfinder:

Swars, Helmut, Dipl.-Ing., 5060 Bergisch Gladbach,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Verbinden

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Verbinden einer Hohlwelle mit auf diese aufgeschobenen Konstruktionselementen, die eine den Außendurchmesser der Hohlwelle entsprechende Durchgangsöffnung aufweisen, insbesondere zum Herstellen von gebauten Nockenwellen, Kurbelwellen oder Getriebewellen, mittels hydraulisch bewirkten Aufweitens der Hohlwelle unter plastischer Verformung und bleibender elastischer Vorspannung in der Randschicht der Durchgangsöffnung der aufgeschobenen Konstruktionselemente, bei dem die Preßkraft an der Verbindungsstelle zwischen Hohlwelle und Durchgangsöffnung während des hydraulisch bewirkten Aufweitens wesentlich höher ist als die bleibende Preßkraft nach Beendigung des Aufweitens und dadurch eine stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Material der Randschicht der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes mit dem Material der plastisch verformten Hohlwelle hergestellt wird.

DE 37 42 480 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden einer Hohlwelle mit auf diese aufgeschobenen Konstruktionselementen, die eine den Außendurchmesser der Hohlwelle entsprechende Durchgangsöffnung aufweisen, insbesondere zum Herstellen von gebauten Nockenwellen, Kurbelwellen sowie Getriebewellen, mittels hydraulisch bewirkten Aufweitens der Hohlwelle unter plastischer Verformung und bleibender elastischer Vorspannung in der Randschicht der Durchgangsöffnung der aufgeschobenen Konstruktionselemente, sowie für dieses Verfahren geeignete Konstruktionselemente.

Das gattungsgemäße Verfahren zum Verbinden von Konstruktionselementen mit Hohlwellen hat sich insbesondere im Anwendungsgebiet der Nockenwellen bewährt. Gegenüber sogenannten Schrumpfverbindungen weist es Vorteile hinsichtlich der übertragbaren Drehmomente auf, da die erzielbare Spannung nicht durch Temperaturgrenzwerte für die Materialien beschränkt sind, die bei der Herstellung der Fügeverbindung nicht überschritten werden dürfen. Gegenüber Lötverbindungen liegt der wesentliche Vorteil im vereinfachten, grundsätzlich kalt durchzuführenden und deshalb kostengünstigeren Fügeverfahren. Die gebauten Teile können hierbei auch mit geringeren Toleranzen gefertigt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art im Hinblick auf die zwischen den Konstruktionselementen und der Hohlwelle übertragbaren Drehmomente nochmals weiter zu verbessern, und somit den Anwendungsbereich auf höchstbeanspruchte Bauteile wie z. B. gebaute Kurbelwellen auszuweiten, ohne auf die grundsätzlichen verfahrenstypischen Vorteile bei der Herstellung der Verbindung zu verzichten.

Die Lösung der Aufgabe liegt erfindungsgemäß in einem Verfahren, das sich dadurch auszeichnet, daß durch das hydraulisch bewirkte Aufweiten der Hohlwelle eine stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Material der Randschicht der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes mit dem Material der plastisch verformten Hohlwelle hergestellt wird.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der in unmittelbarer Berührung stehende Flächenanteil an dem die den Stoffschluß bildende Adhäsionswirkung auftritt, wesentlich vergrößert. Damit wird das übertragbare Drehmoment, das von dem Produkt aus Flächenpassung und Reibungskoeffizienten abhängig ist, wesentlich gesteigert ($M_t = \mu_z \times F_r$). Während bei rein kraftschlüssigen Verbindungen bei Preßverbänden Zapfenreibungskoeffizienten μ_z in der Größenordnung von 0,1 bis 0,65 empirisch ermittelt wurden, steigt bei den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbindungen der Zapfenreibungskoeffizient μ_z auf Werte, die über 1 liegen und bis zu einem mehrfachen hiervon reichen können. Der Anteil der mechanischen Verzahnung zwischen Oberflächenunregelmäßigkeiten, wie er sonst bei Preßverbänden genutzt wird, kann als relativ unbedeutend angesehen werden, weil auch bei genauester Bearbeitung der Gegenflächen nur ein kleiner Teil der theoretischen Oberflächen in unmittelbarer Berührung steht. Mit der Steigerung des Druckes an den Verbindungsflächen bis zur plastischen Verformung des Werkstoffes wachsen bei diesem Verfahren die in Berührung stehenden Flächenanteile auf ein Optimum.

Bei diesem Verfahren ist die für den bleibenden Rei-

bungskoeffizienten entscheidende Pressung während der Druckbeaufschlagung größer als die bleibende Pressung nach Beendigung des Aufweitvorganges. Prinzipiell sind bei einer so hergestellten Preßverbindung die erzielbaren Momente größer als vergleichsweise bei einer Schrumpfverbindung, bei der die maximale Pressung gleichzeitig die bleibende Pressung ist.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch Drucküberhöhung zusätzlich zu der insgesamt plastischen Verformung der Hohlwelle zumindest in der Randschicht eine Durchgangsöffnung der Konstruktionselemente ebenfalls eine plastische Verformung durch Aufbringen höherer hydraulischer Drücke bewirkt, die die angesprochenen Ergebnisse herbeiführt. Der gewünschte Erfolg ist davon abhängig, daß metallische Anteile beider Oberflächen unmittelbar in Berührung kommen.

Die optimierte Auslegung der Verbindung wird durch ein hochfestes Material der Konstruktionselemente begünstigt, wobei die Wandstärke und die Fließgrenze des Materials den Bereich der plastisch verformten Durchgangsbohrungsschicht bestimmen. Hierbei ist die Flächenpressung, die beim Aufweiten eingestellt wird, wesentlich größer als die bleibende Pressung, welche z. B. von der Rohrwandstärke oder der Streckgrenze des Rohres begrenzt sein könnte. Damit ist es auch möglich, ausreichend torsionssteife Rohre mit großem Durchmesser, aber geringer Wandstärke und damit begrenzter Steifigkeit gegen Außendruckbelastung zu verwenden. So lassen sich gewichtsoptimierte Nockenwellen und Kurbelwellen mit dünnwandigen Rohren herstellen. Es ist somit auch möglich, z. B. Aluminiumrohre oder Titanrohre mit sonst zu niedrigem E-Modul einzusetzen.

Nach einer ersten günstigen Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch entsprechende Druckbeaufschlagung eine Verformung plastischer Art in einem solchen Ausmaß herbeigeführt, daß die Verbindung hemmende Oxidschichten bei der Aufweitung zerstört werden. Es ist hierbei selbstverständlich vorauszusetzen, daß auf den zu verbindenden Oberflächen nur Oxidschichten geringer Dicke liegen, wie sie an normaler Atmosphäre ohne besonders ungünstige Bedingungen wie Feuchtigkeits- oder Säureeinfluß entstehen können.

Nach einer zweiten prinzipiellen Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden an den zu verbindenden Teilen unmittelbar vor dem Herstellen der Verbindung metallisch saubere Oberflächen hergestellt, z. B. durch mechanische Bearbeitung oder in reduzierender Atmosphäre, wobei günstigerweise bis zum Herstellen der Verbindung die reduzierende Atmosphäre oder eine innere Atmosphäre aufrechterhalten wird. Der Vorteil der hiermit beschriebenen Verfahrensort liegt darin, daß keine Oxideinschlüsse oder Beschichtungseinschlüsse in der verschweißten Verbindungsschicht zurückbleiben. Eine entsprechend höherwertige Verbindung, deren Festigkeit gegenüber der vorherbeschriebenen nochmals verbessert ist, ist das Ergebnis.

Nach einer dritten grundsätzlichen Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes und/oder an der Oberfläche des Hohlrohres eine für die genannte Art der Verbindung besonders geeignete Randschicht aufgebracht, wobei dies vorzugsweise nach einer Vorbehandlung zur Erzeugung einer metallisch reinen Oberfläche erfolgen kann, ggfs. aber auch ein Verzicht auf eine derartige Vorbehandlung möglich ist.

Die aufgebrachte Metallschicht ist zur Verbesserung der Adhäsionswirkung nur einige "A" dick. Die Adhäsionswirkung kann durch die Werkstoffauswahl günstig beeinflusst werden. Dies ist der Fall, wenn beide Gegenflächen hinsichtlich des atomaren Bindungscharakters gleichartig sind, die Werkstoffe eine hohe Oberflächenenergie bzw. Grenzflächenenergie haben und insbesondere aus kubisch flächenzentrierten Metallen bestehen. Die Metalle sollen hochschmelzend und möglichst schwer durch chemische Umgebungseinflüsse veränderbar sein. Solche Werkstoffe sind z. B. Kupfer, Silber, Reineisen, austenitischer Stahl, Zinn, Nickel.

Das Auftragen derartiger Randschichten kann auf mechanischem Wege, z. B. durch sogenanntes Aufbürsten erfolgen, wobei etwa rotierende Drahtbürsten durch die Durchgangsöffnung geführt werden, deren Material sich während dieses Verfahrensschrittes abträgt und auf der Oberfläche zurückbleibt. In vorteilhafter Weise kann dabei auch eine eventuell schon vorhandene Oxidschicht an der zu beschichtenden Oberfläche abgetragen oder teilweise zerstört werden. Die Bürstenkörper können auch mit einem Anteil sehr harter Drähte versehen sein, um den Antrieb der Oxidschicht zu verbessern. Es sind auch galvanische Techniken oder ein Auftrag mittels Plasmastrahl zur Erzeugung solcher Oberflächen geringer Stärke möglich.

Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt derartiger Materialien für eine aufgetragene Randschicht ist eine hohe plastische Verformbarkeit im Vergleich mit dem Grundmaterial des Konstruktionselementes. Der Gegenstand der Erfindung erstreckt sich damit auch auf den Aufbau der Konstruktionselemente, die erfindungsgemäß eine nur wenige Angström dicke Beschichtung in der Durchgangsbohrung mit einer oder mehreren der vorstehend genannten günstigen Eigenschaften aufweist und zwar sowohl bezüglich der Korrosions- und Bindungseigenschaften als auch bezüglich der Festigkeitseigenschaften in Relation zum Grundmaterial.

Nach einer vierten grundsätzlichen Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird neben dem Anteil der Adhäsion an der Haftung auch die Abrasion, d. h. die Furchungswirkung, gezielt zur Sicherung der Haftung genutzt. Wenn durch die Preßkraft beim Fügen die effektive Berührungsfläche gesteigert wird, kann zusätzlich zur Steigerung der Adhäsionswirkung auch die Abrasionswirkung zur Absicherung der Haftung eingesetzt werden. Dabei werden, um ein "Mikroschleifen" oder "Mikroflügen" zu bewirken, abrasiv wirkende Teilchen, z. B. mineralische, spröde Teilchen in feinsten Verteilung an den Verbindungsflächen aufgebracht. Die abrasiv wirkenden Teilchen werden insbesondere zusammen mit der metallischen oder chemischen Beschichtung, die zur Verbesserung der Adhäsionswirkung schon vorgesehen ist, gemeinsam aufgebracht. Diese Teilchen sind so beschaffen und aufgebracht, daß die Adhäsion dabei nicht verschlechtert wird. Als abrasive Teilchen werden sehr feinkörniger Diamant- oder Korundstaub oder ähnlich harte Mineralpartikel verwendet. Wichtig ist, daß keine oxidierenden Wirkungen von den Teilchen ausgehen.

Die Haftwirkung wird verstärkt, wenn die Oberflächenbeschichtung, in welche sich die Partikel eindrücken, eine große Festigkeit oder Härte aufweisen. Wenn die adhäsiv wirkende Schicht sehr dünn ist, können sich die Partikel durch diese Schicht hindurch in den festen Untergrund der Verbindungsflächen eindrücken.

1. Verfahren zum Verbinden einer Hohlwelle mit auf diese aufgeschobenen Konstruktionselementen, die eine den Außendurchmesser der Hohlwelle entsprechende Durchgangsöffnung aufweisen, insbesondere zum Herstellen von gebauten Nockenwellen, Kurbelwellen oder Getriebewellen, mittels hydraulisch bewirkten Aufweitens der Hohlwelle unter plastischer Verformung und bleibender elastischer Vorspannung in der Randschicht der Durchgangsöffnung der aufgeschobenen Konstruktionselemente, dadurch gekennzeichnet, daß durch das hydraulisch bewirkte Aufweiten der Hohlwelle eine stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Material der Randschicht der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes mit dem Material der plastisch verformten Hohlwelle hergestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Preßkraft an der Verbindungsstelle zwischen Hohlwelle und Durchgangsöffnung während des hydraulisch bewirkten Aufweitens wesentlich höher ist als die bleibende Preßkraft nach Beendigung des Aufweitens.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur insgesamt plastischen Verformung der Hohlwelle bei der hydraulischen Druckbeaufschlagung die Randschicht der Durchgangsöffnung ebenfalls verformt wird, wobei der Anteil der in unmittelbarer Berührung stehenden Flächenteile von Hohlwelle und Durchgangsöffnung durch Plattdrücken von Unregelmäßigkeiten der Oberflächen wesentlich vergrößert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die stoffschlüssige Verbindung hemmende Oxidschichten in der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes und/oder auf der Hohlwelle durch plastisches Umformen insbesondere auch in der Randschicht der Durchgangsöffnung bei der hydraulischen Druckbeaufschlagung zerstört werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die stoffschlüssige Verbindung hemmende Oxidschichten in der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes und/oder auf der Hohlwelle unter einer reduzierenden Atmosphäre oder in einem reduzierenden Bad vor der hydraulischen Druckbeaufschlagung der Hohlwelle entfernt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die stoffschlüssige Verbindung hemmende Oxidschichten in der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes und/oder auf der Hohlwelle durch mechanische Bearbeitung vor der hydraulischen Druckbeaufschlagung der Hohlwelle entfernt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verbindenden Teile nach einer Oberflächenbehandlung zum Entfernen von Oxidschichten unter einer reduzierenden oder innerten Atmosphäre bis zur hydraulischen Druckbeaufschlagung der Hohlwelle gehalten werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine die stoffschlüssige Verbindung begünstigende Randschicht in der Durchgangsöffnung des Konstruktionselementes

oder auf der Hohlwelle, ggfs. nach geeigneter Vorbereitung der Oberflächen, vor der hydraulischen Druckbeaufschlagung der Hohlwelle aufgetragen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftragen des Materials der Randschicht auf mechanische Weise, insbesondere durch Aufbürsten, d. h. mittels Abtrags von den verschleißenden Borsten einer rotierenden Bürste erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig mit dem Aufbürsten des Materials der Randschicht eine vorhandene Oxidschicht mechanisch aufgerissen oder abgetragen wird, insbesondere mittels längerer und härterer Borsten, z. B. aus Federstahl, einer rotierenden Bürste.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftragen des Materials der Randschicht mittels galvanischer Technik erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein in normaler Atmosphäre nicht korrodierendes Material aufgetragen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein Material mit gleichartigem atomaren Bindungscharakter wie das der Hohlwelle und/oder des Elements aufgetragen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Material mit höherer Oberflächenenergie aufgetragen wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß Material aus kubisch flächenzentriertem Metall aufgetragen wird.

16. Konstruktionselement mit einer Durchgangsöffnung zum Verbinden mit einer Hohlwelle nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchgangsöffnung eine zur stoffschlüssigen Verbindung mit dem Werkstoff der Hohlwelle neigende Randschicht von der Dicke einiger Angström aufweist.

17. Konstruktionselement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Grundmaterial eine hohe Festigkeit im Verhältnis zum Material der Randschicht aufweist.

18. Konstruktionselement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Randschicht ein edles oder halbedles Metall ist.

19. Konstruktionselement nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß abrasiv wirkende Partikel mit dem Material der Randschicht aufgebracht werden.

20. Konstruktionselement nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß mineralisch reine, nicht oxidierend wirkende Partikel wie Diamantstaub oder Korund mit dem Material der Randschicht aufgebracht werden.